

# EL MECANISMO DE LA HEMOSTASIS EN NEUROCIRUGIA

Dr. ALEJANDRO JIMENEZ ARANGO

Desde los primeros tiempos de la cirugía, la hemorragia ha sido uno de los principales problemas que ha tenido que afrontar el cirujano, y uno de los mayores riesgos para la vida del paciente. Al paso que la anestesia y la antisepsia son adquisiciones relativamente recientes, la hemostasis ha tenido una evolución de muchos siglos y los principios generales que hoy en día se aplican no difieren de los que usaban los cirujanos de la antigüedad. Así, vemos que los egipcios, los chinos y los hindúes usaban la compresión y los estípticos, los griegos introdujeron la ligadura y el cauterio, que posteriormente se usó como hemostático. Finalmente, Ambrosio Paré ideó la primera pinza hemostática a la que llamó "bec de corbin", y de allí en adelante se siguieron perfeccionando los métodos instrumentales (28).

En la Neurocirugía era necesario, más que en ninguna otra especialidad quirúrgica, controlar con precisión las hemorragias operatorias, pues los métodos corrientemente usados no eran suficientes. Al mismo tiempo que la Neurocirugía nació como especialidad independiente, sus primeros propulsores idearon métodos que hoy todavía se usan y que en el transcurso del presente siglo se han ido multiplicando con creciente celeridad. Debemos aquí mencionar los nombres de Horsley (29, 30) y de Cushing (11, 12, 13, 14) quienes, al mismo tiempo que dieron rango de especialidad a la neurocirugía, pusieron en manos de sus discípulos los medios adecuados para ejercerla con el riesgo mínimo para el paciente.

Debemos tener siempre presente que la hemostasis no es un trabajo exclusivo del cirujano; el organismo posee dos mecanismos hemostáticos poderosos: el de la coagulación sanguínea y el de la actividad vascular. Y es así como el médico debe, por una parte, hacer que estas funciones se efectúen en condiciones óptimas; y por otra

parte, aplicar los medios artificiales que logran una hemostasis independiente de la hemostasis fisiológica normal.

### *Mecanismo de la hemostasis fisiológica*

Creemos conveniente, antes de pasar adelante, recordar en forma breve la fisiología de la coagulación sanguínea y de la actividad vascular relacionada con la hemostasis. Este recuento nos servirá para comprender mejor la acción de algunas sustancias de reciente adquisición en cirugía.

En la sangre existen varios elementos de naturaleza proteica que reaccionan entre sí en forma química o enzimática, dando como resultado final la formación de la fibrina, que constituye el coágulo sanguíneo (52, 60). En la figura 1, tomada de Seegers y Sharp (60), aparecen las diversas reacciones que tienen lugar en el complejo mecanismo de la coagulación, de acuerdo con los más modernos conceptos.

En primer lugar, tenemos la protrombina que es una albúmina soluble formada, al parecer, en el hígado, para lo cual es necesaria la presencia de la vitamina K, y que después de ser activada tiene una gran potencia para coagular el fibrinógeno. La sustancia encargada de efectuar esta activación es la tromboplastina y para hacerlo necesita la presencia del ion Calcio. La tromboplastina no existe libre en el plasma sino en el interior de los tejidos, y de manera especial, en las

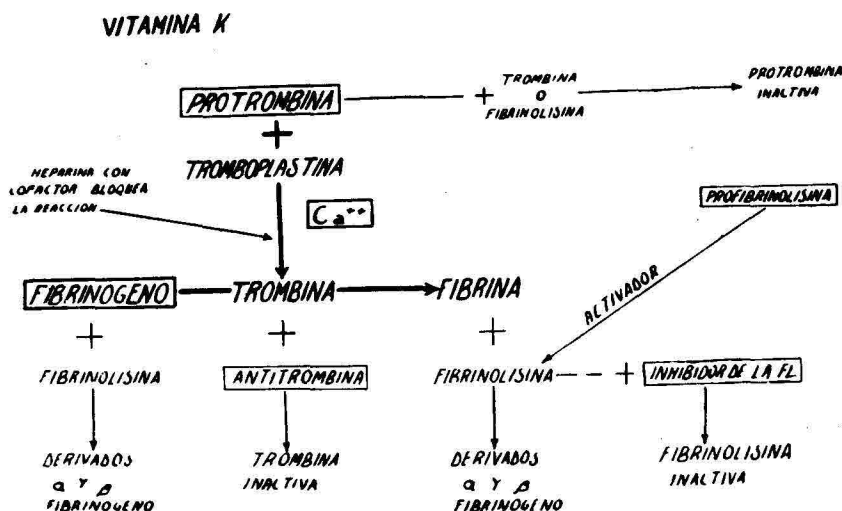


Figura 1.—Las reacciones de la coagulación sanguínea. Tomada de Seegers y Sharp (60), con autorización del doctor Seegers.

plaquetas. Es de anotar que el cerebro es uno de los órganos más ricos en actividad tromboplástica. Una vez que la trombina ha sido activada obra sobre el fibrinógeno en forma de enzima y la coagula. El pH óptimo para esta reacción oscila entre 6,8 y 8,5; el aumento de la temperatura es proporcional a la velocidad de la reacción hasta llegar a los 50° C. La concentración salina del medio le es desfavorable, aunque los iones Ca la aceleran y ayudan a formar un coágulo más consistente. Hay además una concentración óptima de fibrinógeno, fuera de la cual la reacción se inhibe progresivamente.

Hay otras sustancias que, por su actividad proteolítica, pueden hacer coagular el fibrinógeno. Tales son ciertas enzimas y el veneno de algunas serpientes.

Debemos anotar que el fibrinógeno, la trombina y la tromboplastina no tienen "especificidad" sino de grupo. Es decir, que estas sustancias son química e inmunológicamente iguales en el hombre y en los mamíferos superiores.

Los pequeños vasos seccionados responden con vasoconstricción. Las plaquetas favorecen la adherencia del coágulo a la pared vascular, y en esta forma la luz queda obstruida y la hemorragia se detiene. La fisiología capilar es bastante compleja y sería prolijo entrar a detallarla. Sin embargo anotaremos que en general los estímulos mecánicos producen vasoconstricción, que el ion H produce dilatación capilar y que el frío, al mismo tiempo que contrae las arteriolas, paraliza en dilatación las vénulas y los capilares (34, 38).

Un fenómeno importante para considerar en relación con las respuestas vasculares es el efecto de las drogas narcóticas. Según estudios experimentales llevados a cabo por Finesinger y Cobb (21), el éter dilata las arterias piales, aumenta la presión del líquido céfalo-raquídeo y la presión arterial; el cloroformo, la morfina en dosis superiores a 2,2 mgm. por kilo de peso, el amital y el luminal sódico dilatan las arterias piales, aumentan la presión del líquido céfalo-raquídeo y bajan la presión arterial. La avertina produce vasoconstricción pial y baja la presión del líquido céfalo-raquídeo y de la sangre. De acuerdo con estos resultados, teóricamente se puede suponer que, desde el punto de vista de la hemostasis, el anestésico de elección es la avertina, y el más desventajoso es el éter.

Desde el punto de vista clínico tiene gran interés el poder conocer, antes de una operación, cómo están en el paciente las funciones arriba enumeradas. Hay varios métodos de laboratorio que determinan separadamente la concentración de la protrombina (la cual es índice

también de la presencia de vitamina K en el organismo), la de la tromboplastina en los diversos tejidos, la calcemia, el número y actividad de las plaquetas y la fragilidad capilar. Pero en la práctica todos estos exámenes resultan demasiado dispendiosos y ordinariamente no se usan sino dos: la determinación del tiempo de coagulación, y la del tiempo de sangría que nos da un índice de la respuesta capilar. En caso de que se encuentre alguna anormalidad manifiesta, se puede acudir a los exámenes arriba anotados para determinar su origen y naturaleza.

En el curso de la operación se debe cuidar también de que las sustancias que el organismo tiene para la coagulación y que pierde en la hemorragia operatoria sean reemplazadas oportunamente. No solamente para la provisión de proteínas circulantes, sino por el peligro grave que representa para la vida del paciente la pérdida de una cantidad excesiva de sangre. White y colaboradores (66) han calculado que en las operaciones de neurocirugía la hemorragia oscila ordinariamente entre 500 y 1.500 c. c. El shock se presenta cuando se han perdido 1200 cc. Aconsejan aplicar 1000 a 1500 cc. de glucosa al 5% como rutina, y transfusión sanguínea de 500 cc. cuando la hemorragia pase de 1500 cc. Sin embargo, es tal vez más prudente, y ordinariamente así se usa, el que la transfusión sea una medida de rutina en toda operación neuroquirúrgica de cierta importancia. La aplicación de plasma o de solución de gelatina también tiene valor desde el punto de vista de la hemostasis, ambas corrigiendo la hipovolemia, la primera suministrando proteínas hemáticas, y la segunda, como ha sido demostrado experimentalmente (60), acelerando y favoreciendo la transformación del fibrinógeno en fibrina.

Un método muy diferente ha sido ideado por Page y usado por Gardner (23) en las operaciones de los meningiomas olfatorios. Al comienzo de la operación hace una sangría de unos 1500 cc. con el objeto de obtener un notable descenso de la presión arterial y por lo tanto una vasoconstricción refleja favorable a la hemostasis. En el curso de la operación y a la medida de la necesidad, inyecta otra vez la sangre por vía intra-arterial (fig. 2).

#### *Clasificación de los métodos hemostáticos en neurocirugía*

Entraremos a tratar ahora el tema que más específicamente es objeto de nuestro estudio. Nos referimos a la hemostasis en el acto operatorio neuroquirúrgico.



Son muchos los métodos que se han ideado para detener la hemorragia de los diversos tejidos que el neurocirujano debe seccionar. Con el objeto de esquematizar un poco, podemos clasificarlos en la siguiente forma, de acuerdo con su mecanismo de acción:

1. Hemostasis preventiva:

- a) Torniquetes.
- b) Ligadura previa.

2. Acción sobre la respuesta capilar:

- a) Estípticos.
- b) Solución salina caliente.
- c) Peróxido de hidrógeno.

3. Obstrucción mecánica de los vasos grandes:

- a) Ganchos de Michela, pinzas de Halstead, etc.
- b) Ganchos de Cushing-Mc Kenzie, etc.
- c) Cera de Horsley.

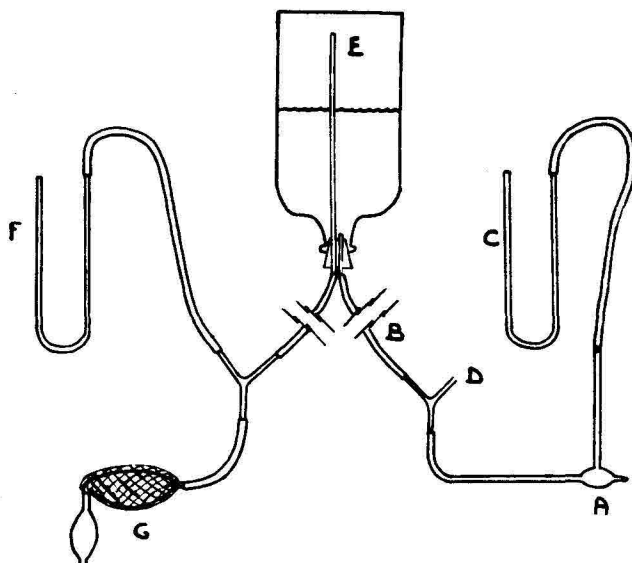


Figura 2.—Método de hipotensión inducida usado por Gardner (23) para el control de la hemostasis (Con autorización del J. A. M. A.).

A) Cánula a la arteria dorsal del pie. B) Tubo por el cual pasa la sangre. C) Manómetro para el registro directo de la presión arterial. D) Derivación para aplicar inyecciones. E) Aire por encima de la sangre, cuya presión se mide en F) Manómetro, y que se puede graduar a voluntad con G) Perilla de caucho.

4. Obstrucción mecánica de los vasos pequeños:
  - a) Presión y algodón.
  - b) Celulosa oxidada.
  - c) Espuma de fibrina.
  - d) Esponjas de gelatina.
  - e) Esponjas de almidón.
5. Obstrucción eléctrica de los vasos:
  - a) Electrotomía.
  - b) Electrocoagulación.
6. Estimulación de la coagulación normal con tromboplastina:
  - a) Músculo y otros tejidos.
  - b) Preparaciones concentradas de tromboplastina.
7. Estimulación de la coagulación normal con trombina:  
Preparaciones concentradas de trombina.

Los siete grupos enumerados se pueden sintetizar en dos grandes categorías. Los cinco primeros obran esencialmente sobre los vasos; los dos últimos sobre la coagulación propiamente dicha. La anterior clasificación no es absolutamente exacta, pues hay algunos agentes que corresponderán a dos o más de los grupos. Por ejemplo, la celulosa oxidada no solamente obra como tapón, sino que también tiene propiedades coagulantes específicas; el peróxido de hidrógeno tiene acción vascular, al mismo tiempo que acelera la coagulación; la electrocoagulación no obra excitando la motilidad vascular, sino formando un coágulo especial. Sin embargo, creemos que, considerando el problema desde un punto de vista fisiológico, esta clasificación nos servirá para el desarrollo del presente estudio.

#### 1.—*Hemostasis preventiva*

a) *Torniquetes*.—Uno de los primeros métodos de hemostasis preventiva que se usó fue la aplicación de torniquetes neumáticos ideados por Cushing (10) para prevenir la hemorragia del cuero cabelludo. Esta técnica ha sido prácticamente abandonada hoy en día.

b) *Ligadura*.—En ciertas operaciones en las cuales se supone que habrá una hemorragia abundante, algunos autores acostumbran ligar en forma permanente (35) o temporal (26) la carótida externa o la primitiva, o la meníngea media (15), etc. Estos procedimientos tienen su más amplia aplicación en el tratamiento quirúrgico de los meningiomas temporo-esfenoidales; en los casos que hemos observado sus resultados son óptimos.

Pertenecen también a este grupo las ligaduras de los vasos piales previas a las resecciones cerebrales, las ligaduras preventivas en los vasos de la duramadre, la presión digital previa a la iniciación de la piel etc., tópicos sobre los cuales no insistiremos por ser objeto de otro de los subtemas.

## 2.—Acción sobre la respuesta capilar

a) *Estípticos*.—Hasta hace pocos años se usaba con frecuencia el líquido de Zenker (Bicromato de potasio 2,5 gm., bicloruro de mercurio 5 a 8 gm., ácido acético glacial 5 cc., agua destilada 100 cc.) para la hemostasis en el lecho de los tumores (39, 56). Este método hoy en día ha sido reemplazado por otros mucho menos nocivos para el tejido nervioso, y de los cuales adelante nos ocuparemos.

b) *Solución salina caliente*.—Light (39) trae un detallado estudio sobre la temperatura de las soluciones salinas (de NaCl o de Ringer), que se usan con fines hemostáticos sobre el tejido nervioso, y llega a la conclusión de que la temperatura óptima es de 43° a 46° C, que es precisamente la recomendada por Horsley. Sin embargo Cushing (12) usaba temperatura más bajas: de 38° a 40° C. Estas últimas son las más usadas actualmente. Aunque con temperaturas más altas se obtiene mejor respuesta capilar y se acelera la formación de la fibrina, también se corre el peligro de lesionar los delicados elementos nerviosos.

c) *Peróxido de hidrógeno*.—Usado desde 1866 por los cirujanos franceses para el tratamiento de las heridas, este método ha tenido amplia aplicación en neurocirugía, especialmente por las escuelas europeas. En aplicación local, además de sus condiciones de antiséptico suave, une las de buen hemostático para las hemorragias capilares. Según Dugat (18) este efecto se debe en primer lugar a la vasoconstricción capilar que produce, y en segundo lugar a la acción que tiene sobre los elementos sanguíneos: transforma la hemoglobina en metahemoglobina, destruye los glóbulos blancos y facilita la formación de la fibrina.

## 3.—Obstrucción mecánica de los vasos grandes

a) *Ganchos de Michel, pinzas de Halstead, etc.*—Apenas mencionaremos aquí, a título de enumeración, las pinzas en T, hoy en desuso, las pinzas de Halsted y sus modificaciones, los ganchos de Michel, los ganchos especiales ideados por Adson y Andrews, etc., pues su estudio corresponde a otro de los subtemas sobre hemostasis.

b) *ganchos de Cushing-McKenzie y sus modificaciones*.—En 1911 Cushing (12) describió los ganchos de plata ideados por él para la ligadura de los vasos en el tejido nervioso inaccesibles a otros métodos. Esta es una de las adquisiciones instrumentales más importantes de la moderna neurocirugía. Decía Cushing:

“Seguramente a muchos se les habrá ocurrido que se podrían ahorrar mucho tiempo y trastornos en las grandes operaciones si se pudiera inventar una especie de pinza hemostática cuya sola aplicación dejara una ligadura anudada al punto sangrante, de manera de poder obviar la alternativa que actualmente tenemos de dejar un instrumento colocado o de gastar el tiempo necesario para la ligadura... Seguramente fue este pensamiento, unido al conocimiento del ingenioso instrumento usado por algunos cirujanos para cerrar las heridas cutáneas por la aplicación superficial de ganchos metálicos dentados removibles, el que nos llevó al invento del instrumento que hemos empezado a usar” (12).

Posteriormente McKenzie (43) los perfeccionó y así se usan actualmente. Más recientemente han sido introducidos a la cirugía otros metales como el tantalio y el zirconio (2, 3, 45, 50) que han demostrado ser mucho menos irritantes que la plata (2, 3, 50). El zirconio es de muy reciente adquisición pero promete tener amplio uso, pues sus condiciones físicas son superiores a las del tantalio y su costo es inferior (3). Ganchos más pequeños que los de Cushing han sido ideados por Penfiel (50) para los pequeños vasos cerebrales, y más grandes por Mount (45) para la ligadura intracraneana de la carótida.

c) *Cera de Horsley*.—En 1829 Horsley (29) describió para la hemostasis del hueso la cera que lleva su nombre. Según sus palabras:

“Es el resultado de experimentos hechos en 1885 cuando, al recordar la costumbre de Magendie y otros en el comienzo del siglo de taponar los senos con cera, ensayé el efecto de “tiznar” con cera de modelar ablandada en los dedos, la superficie sangrante de los huesos del cráneo en perros” (29).

La fórmula original era: Cera de abejas 7 partes, aceite de almendras 1 parte, ácido salicílico 1%.

#### 4.—*Obstrucción mecánica de los vasos pequeños*

a) *Presión y algodón*.—La aplicación metódica y cuidadosa de la solución salina tibia y aspiración, seguida de presión con un trocito de algodón y de gasa de calidad adecuada, es el método tal vez más usado como rutina para las hemorragias provenientes de vasos pequeños en el tejido nervioso. En la mayoría de las veces la presión sostenida durante un tiempo corto es suficiente para que se forme el

coágulo en esos pequeños vasos y se adhiere a su pared, con lo cual la hemorragia se detiene. Pero en otras ocasiones sucede que al retirar el trozo de algodón que obraba como tapón, la hemorragia continúa. En los últimos años han llegado a disposición del neurocirujano una serie de sustancias que han facilitado grandemente la maniobra anterior, y que han acortado su duración. Estas sustancias han venido a llenar la aspiración, durante mucho tiempo abrigada, de un material de taponamiento absorbible para la cirugía, pues sabido es el efecto nocivo que producen en los tejidos los materiales no absorbibles (42). Son ellas la celulosa oxidada, la espuma de fibrina y las esponjas de gelatina y de almidón.

b) *Celulosa oxidada*.—En 1942 Yackel y Kenyon (68) estudiaron desde el punto de vista químico la oxidación de la celulosa por el dióxido nitroso. Dedujeron que en esta reacción se cambian algunos grupos oxhidrilo en carboxilo, resultando un ácido polianhidroglicurónico. Esta nueva sustancia tiene como característica esencial su solubilidad. Estudios experimentales llevados a cabo por Frantz (22) demostraron que la velocidad de absorción depende del grado de oxidación. Sin embargo, con una oxidación avanzada el material queda demasiado ácido y frágil. El producto comercialmente utilizado contiene un 14% de carboxilo y corresponde a una oxidación parcial (60).

Los estudios clínicos y de laboratorio demostraron que la celulosa oxidada, por sus propiedades físicas es un buen agente hemostático: en forma de algodón o de gasa se adapta bien a las superficies sangrantes, tiene cierta avidez por la hemoglobina, al absorber líquidos aumenta de tamaño, y es muy poco irritante para los tejidos (60). Putnam (51) la usó con éxito como portadora de trombina en operaciones de neurocirugía. Sin embargo, posteriormente Seegers y Doub (59) demostraron que la celulosa oxidada destruye la actividad de la trombina no solamente por su acidez ( $\text{pH} = 4,3$ ), sino por otro factor no determinado. Aconsejan neutralizarla previamente en solución al 1% de bicarbonato de sodio. Pero Olwin y Wahl (47) han demostrado que al llegar a la neutralización completa persiste el factor indeterminado inactivador de la trombina (59) y la celulosa oxidada se desintegra perdiendo así sus propiedades como tapón. Es éste el motivo por el cual hoy en día se acostumbra de preferencia usarla sin trombina, utilizando únicamente sus propiedades hemostáticas peculiares.

c) *Fibrina*.—Siendo el fibrinógeno uno de los elementos más importantes en la coagulación de la sangre, desde hace bastante se pensó

en utilizar sus propiedades con fines hemostáticos. En 1911 Cushing (12) ya usaba con ese objeto coágulos sanguíneos. Posteriormente se comenzó a utilizar la fibrina independientemente de otros elementos del plasma, y así Grey (25) en 1915 usó en cirugía experimental la fibrina de cordero embebida en Coaguleno de Kocher-Fonio para operaciones sobre el cerebro. Más adelante, en 1918, Harvey (27) ideó un método para acondicionarla en forma de papel y usarla en cirugía humana. Sin embargo, por motivos que desconocemos, estos métodos cayeron en desuso hasta que en 1944 comenzó a utilizarse de nuevo en neurocirugía, pero bajo otro aspecto: en forma de espuma, y como portadora de trombina (4, 5, 31, 32, 37, 67).

Los estudios llevados a cabo han demostrado que produce en los tejidos la misma reacción que la celulosa oxidada (32), que se absorbe completamente en el tejido cerebral en 50 días (39), que no sufre alteración por la acción de los Rayos X (1) y que no modifica la actividad de la trombina (47). En un principio se utilizó la fibrina derivada del fraccionamiento del plasma humano, pero al demostrarse que no tiene especificidad de especie (52, 60), se ha usado la proveniente de diversos animales, especialmente del buey. Usada sin trombina también da excelentes resultados como tapón absorbible.

d) *Esponjas de gelatina*.—En 1945 Correl y Wise (10) fabricaron una esponja de gelatina con propiedades similares a las de la espuma de fibrina. Demostraron que es fácilmente absorbida en los tejidos y que no posee propiedades antigénicas. Light (39, 40), en estudios experimentales, encontró que absorbe 50 veces su peso en agua, que la pepsina la digiere en la misma forma que a la fibrina, que es absorbida completamente a los 30 días de implantada en el tejido nervioso, es decir, bastante más pronto que la fibrina. Su aplicación en neurocirugía abarca un gran número de condiciones: aparte del taponamiento en cavidades o en superficies sangrantes, ha sido usada para llenar los espacios muertos que quedan en las laminectomías, en la neurotomía retrogasseriana del trigémino y en las resecciones cerebrales; en los abscesos y osteomielitis como portadora de antibióticos, como tapón temporal para evitar el paso de sangre al espacio subaracnoideo en las operaciones sobre la medula y la fosa posterior (10), y en el tratamiento de la rinorrea cerebro-espinal (9). Se ha utilizado sola o como portadora de trombina (36, 48), cuyas propiedades no altera (47).

e) *Esponjas de almidón*.—En 1944 Bice, Mac Masters y Helbert (6) introdujeron esta sustancia en forma de esponja como tapón ab-

sorbible. Aunque es de suponer que el almidón sea todavía mejor tolerado en los tejidos que la celulosa oxidada, la fibrina y la gelatina, y que sea más rápidamente absorbible, su fragilidad ha dificultado el empleo, y el estudio apenas está en período experimental.

##### 5.—*Obstrucción eléctrica de los vasos*

En neurocirugía no han sido usados los métodos de galvanocauterio por su acción nociva sobre el tejido nervioso. Solamente se ha utilizado el calor inducido por las corrientes de alta frecuencia.

El empleo de las corrientes de alta frecuencia en medicina comenzó con el descubrimiento hecho por D'Arsonval de la diferencia de efectos fisiológicos entre las corrientes de alta y de baja frecuencia. Durante los primeros años de este siglo fue introducida a la terapéutica la diatermia, cuya técnica ha ido perfeccionándose a medida que la ingeniería eléctrica ha ido avanzando en la producción de corrientes con óptimos efectos fisiológicos. La electrocirugía fue introducida por Doyen, quien comenzó a usar corrientes de 2 a 3 millones de ciclos por segundo. Estas corrientes son engendradas por dos tipos de aparatos: o bien por los estalladores tipo Tesla, o por las válvulas termoiónicas ideadas por Lee de Forest (39). El primer aparato de electrocirugía usado para operaciones sobre el sistema nervioso fue construido por Bovie según indicación de Cushing en 1925 (13, 14). Esta ha sido una de las innovaciones que más han contribuido a facilitar la técnica de los procedimientos neuroquirúrgicos y a disminuir su riesgo. Desde entonces los métodos electroquirúrgicos tuvieron amplia aplicación en neurocirugía (46, 55), y hace varios años que están absolutamente generalizados.

Decía Bovie en su descripción:

"El aparato aquí descrito ha sido ideado con el objeto de suministrar instantáneamente al cirujano los varios tipos de corriente que han demostrado ser más útiles, llevándolos por una sola derivación a los instrumentos quirúrgicos de diseño adecuado... Los efectos obtenidos dependen completamente, bien del calor desarrollado por la corriente al pasar del electrodo activo a los tejidos, o bien del calor óhmico desarrollado por la corriente al pasar a través de los tejidos" (14).

Y comenta Cushing:

"No me imaginaba cómo esta novedad (la diatermia) podría desalojar a los métodos corrientes de corte o hemostasis, hasta el Otoño de 1926 cuando vi usar en el hospital Huntington el asa eléctrica del doctor Bovie para reseca sin hemorragia trozos de tejido maligno para examen. Entonces me dí cuenta de que este nuevo instrumento

podría servir para la resección por trozos de algunos de los tumores endocraneanos más inaccesibles. Los resultados han excedido todo lo esperado y estos nuevos principios... han revolucionado completamente los métodos de extirpación de los tumores cerebrales..." (14).

En las consideraciones que haremos a continuación utilizaremos, convenientemente adaptada, la terminología propuesta por Blech, Colwell y Windeyer (7).

Debemos anotar que el efecto fisiológico de las corrientes de alta frecuencia depende de factores inherentes al aparato generador o a los tejidos sobre los cuales se obra.

Tres factores debemos considerar en relación con los aparatos: la longitud de onda, la forma de las ondas, y la potencia.

En relación con la longitud de onda ha sido demostrado que las longitudes óptimas para electrocirugía van de 12 a 16 metros aproximadamente, lo que corresponde a una frecuencia de 18000 a 24000 kilociclos. Por encima o por debajo de ellas los efectos fisiológicos disminuyen progresivamente.

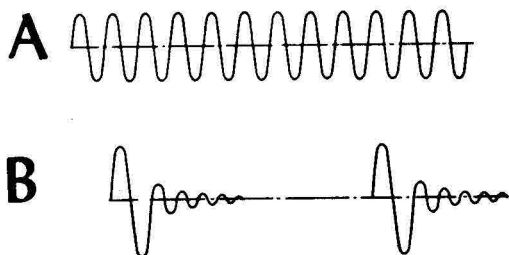


Figura 3.—A) Ondas sostenidas o regulares para electrotomía no coagulante. B) Ondas amortiguadas para electrocoagulación.

La forma de las ondas tiene gran importancia; y depende de los aparatos que las generan. Si se usan válvulas termoiónicas, se tendrán ondas sostenidas o regulares. Si se emplean estalladoras de chispa se obtendrán ondas de amplitud decreciente o amortiguadas (fig. 3). Las primeras se usan para electrotomía no coagulante, y las segundas para electrocoagulación. Para electrotomía coagulante se emplean corrientes con diversos grados de amortiguación (fig. 4). Aquí debemos anotar que es conveniente que las válvulas generadoras de corriente regular sean alimentadas por una corriente continua porque si no, a las ondas de alta frecuencia se agregarán ondas de una frecuencia mucho menor, por ejemplo, 60 por segundo, que producirán efectos farádico indeseables: excitación de los elementos nerviosos y contracciones musculares.



La potencia de un aparato se expresa en watios (watios = voltios x amperios) y eléctricamente se puede obtener que un aparato suministre su potencia a expensas de la diferencia de potencial (voltios) o a expensas de la corriente (amperios). Este concepto es muy importante porque implica efectos fisiológicos diversos. Cuando se trabaja en un sistema de alta impedancia o resistencia de inducción (no confundirla con la resistencia óhmica), la potencia debe estar principalmente a cargo de voltaje; en caso contrario, a cargo del amperaje. Los efectos óptimos se obtendrán cuando el voltaje y el amperaje estén perfectamente de acuerdo con la resistencia del organismo; hablando eléctricamente, cuando la corriente acople en impedancia. De los anteriores principios se desprende que para la coagulación superficial la potencia debe estar a cargo del voltaje; y que para la coagulación profunda, debe estar a cargo del amperaje.

Eléctricamente, un solo factor es el que cuenta por parte del organismo en el proceso de la electrocirugía: nos referimos a la impedancia

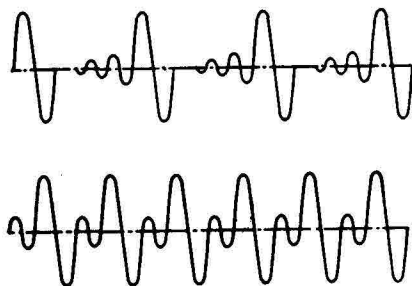


Figura 4.—Ondas con diversos grados de amortiguación para electrotomía coagulante.

o resistencia inductiva arriba mencionada. Desde luego, muchas son las causas que pueden hacer variar la impedancia del organismo. Pero cuando se logra, por medio de los controles del aparato, que la corriente que éste produce acople en impedancia, se obtendrán en su mayor efectividad los efectos deseados. Cuando se hace pasar corriente de alta frecuencia a través del organismo, ésta se distribuirá de acuerdo con la posición y el tamaño de los electrodos en forma de densidad eléctrica (fig. 5). Naturalmente, la densidad eléctrica será mayor a nivel del electrodo activo que es el más pequeño; y como el calor desarrollado es proporcional al cuadrado de la densidad eléctrica (49), es a nivel de este electrodo en donde aparece el efecto electroquirúrgico.

Hoy en día se construyen equipos de electrocirugía de muy diverso tipo: la mayoría son bipolares, pero también los hay unipolares en los cuales el circuito se cierra por el ambiente. Los aparatos modernos traen ordinariamente un circuito de corriente regular para electrotomía no coagulante, dos o tres de corriente con diversos grados de amortiguación para electrotomía coagulante, y uno de corriente amortiguada para coagulación (fig. 6).

a) *Electrotomía*.—El efecto de la electrotomía es la volatilización

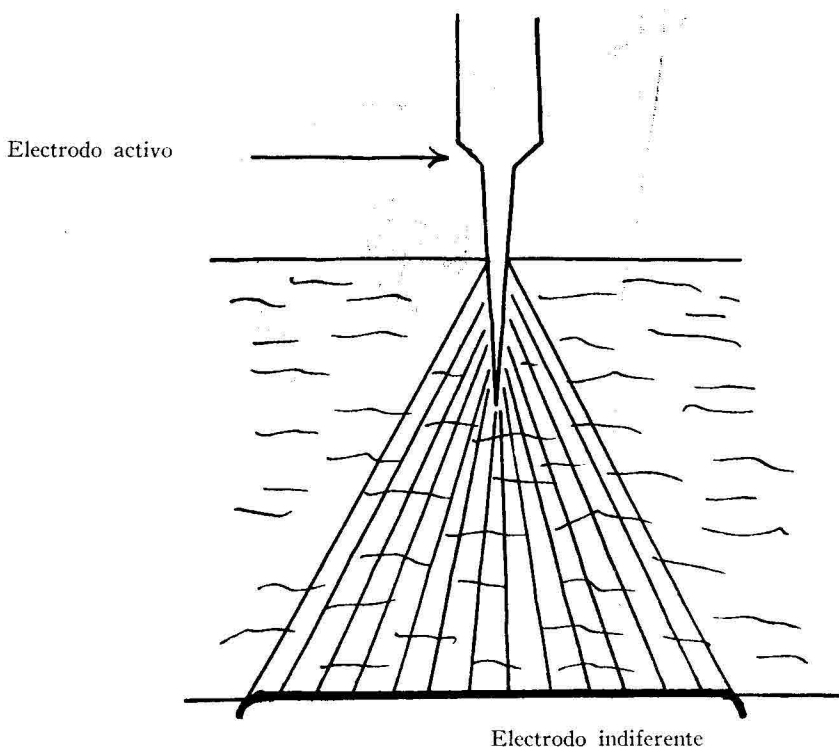


Figura 5.—Esquema del paso de la corriente a través de los tejidos. Obsérvese cómo la mayor densidad eléctrica está a nivel del electrodo activo.

de los tejidos que se logra, como atrás lo hemos dicho, por corriente de ondas sostenidas cuando no se desea coagulación, y por corriente más o menos amortiguada para la electrotomía coagulante. Queda en los labios de la herida una pequeña cantidad de tejido necrótico (19) que deberá absorberse para que cierre la herida, tanto más cuanto más amortiguada sea la corriente que se usa. Por este motivo las incisiones hechas con electro-bisturí demoran un poco más en cerrar que

las efectuadas por métodos corrientes (44). El electrodo de elección para corte es el de cuchilla pequeña. También se puede utilizar el de aguja. Para la exéresis del tejido tumoral resistente, especialmente de meningiomas, prestan gran utilidad los electrodos en asa (fig. 7).

b) *Electrocoagulación*.—La electrocoagulación, obtenida como ya está dicho, por el efecto de corrientes amortiguadas, produce sobre los

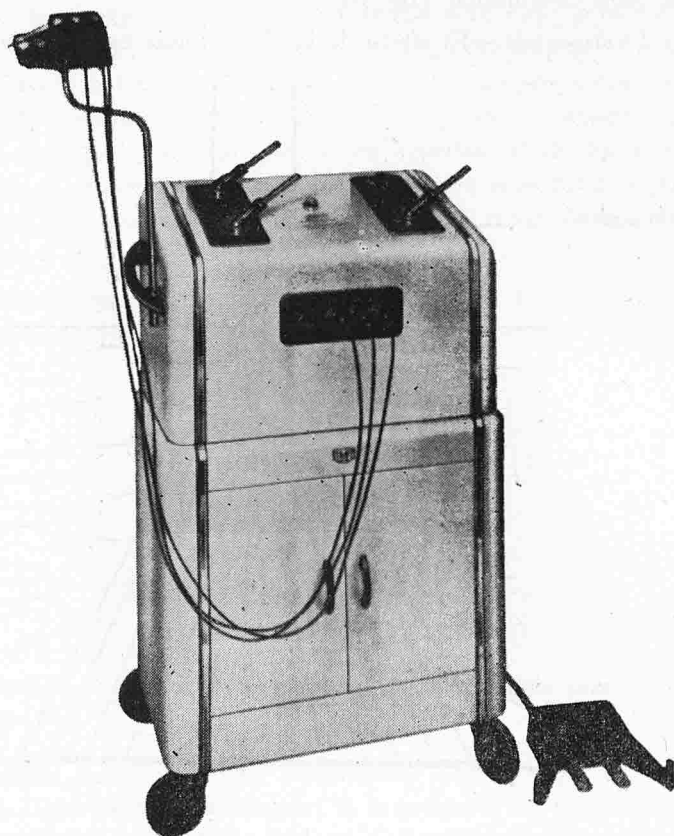


Figura 6.—Moderno equipo para electrocirugía (Atención de Te Liebel-Flarsheim Co. Cincinnati. Ohio).

tejidos necrosis y deshidratación de los elementos celulares. Este efecto deshidratante es el más importante. El coágulo que resulta está constituido por elementos amorfos y desintegrados. Es importante recordar que este coágulo firme, constituido por los vasos sanguíneos, por los elementos contenidos en ellos y por los que los rodean, necesita una temperatura óptima para formarse, que ha sido calculada

entre 66° y 82° C. La chispa que salta del electrodo tiene una temperatura de 600° C y carboniza los tejidos (39) formando un coágulo bastante frágil y apto para desprenderse. Se evita la chispa aumentando el amperaje del aparato a expensas del voltaje, sosteniendo el electrodo en buen contacto con el vaso sangrante y suspendiendo el paso de la corriente apenas se aprecie la formación del coágulo.

Para coagulación el electrodo de elección es el de esfera cuando se aplica directamente, o el recientemente ideado de disco para superficies con hemorragia capilar (fig. 7). Pero ordinariamente se usa el método de "clamb-coagulación" introducido por Dandy (14), o sea la aplicación temporal de una pinza hemostática o en bayoneta por la cual se hace pasar la corriente tocándola con el electrodo activo. Para facilitar esta maniobra recientemente se han fabricado pinzas en bayoneta conectadas directamente al aparato de electrocoagulación.

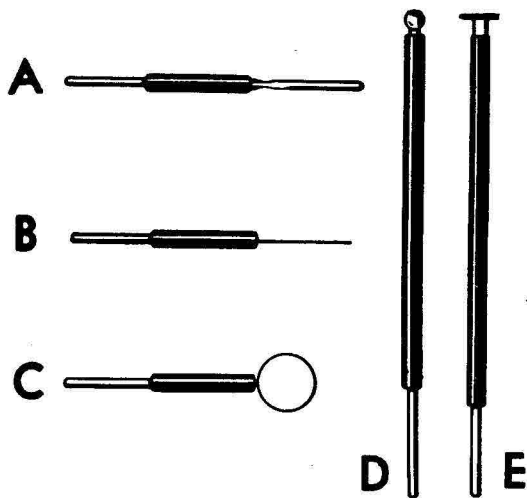


Figura 7.—Electrodos para electrotomía: A) De cuchilla. B) En aguja. C) En asa. Electrodos para electrocoagulación: D) De esfera. E) De disco. (Atención de The Liebel-Flarsheim Co.).

De acuerdo con el principio atrás enunciado de la densidad eléctrica, hay que recordar la conveniencia de tener limpio de sangre o de cualquier líquido el campo operatorio con succión corriente o, como lo ha ideado Sachs (63), con aire comprimido.

La exéresis de tejido tumoral blando, de cicatrices o de tejido cerebral se lleva a cabo frecuentemente con el aspirador metálico al cual hace contacto el electrodo coagulante. Bucy y Oberhill (8) han

ideado un tubo de succión, al cual va conectado directamente el cable proveniente del aparato.

Finalmente mencionaremos un dato de utilidad práctica en relación con la electrocirugía. Nos referimos al empleo de anestésicos inflamables. Al paso que Mock (44) proscribe solamente el uso del etileno y de la mezcla de éter con óxido nitroso, Greene (24), en forma enfática y autorizada, se pronuncia en contra del empleo de cualquier anestésico inflamable, alegando que su temperatura de ignición oscila entre 182° y 517° C, o sea bien por debajo de la temperatura de las chispas provenientes de los aparatos de alta frecuencia, que es de 600° C como atrás lo hemos dicho

#### 6.—*Estimulación de la coagulación normal con tromboplastina*

Como atrás lo hemos anotado, la tromboplastina es un elemento muy importante para la coagulación sanguínea, pues al activar la protrombina la hace apta para actuar sobre el fibrinógeno. Normalmente no existe en el plasma circulante sino en los tejidos, de allí que su efecto artificialmente se obtenga por la aplicación de tejidos vivos o de preparaciones tromboplásticas provenientes de los mismos.

Se ha observado que la tripsina, el veneno de algunas serpientes y ciertos grupos de estafilococos son capaces también de activar la protrombina (52).

a) *Músculo y otros tejidos*.—El uso de pequeños trozos de músculo como fuente de tromboplastina en neurocirugía fue introducido en forma simultánea pero independiente por Cushing (12) y por Horsley (30). Este material no solamente obra por su contenido en tromboplastina, sino por su adaptabilidad para servir como tapón reabsorbible aunque, como lo hacen notar Ingraham, Bailey y Nielsen (32), produce una reacción fibrosa superior a la de la gelatina. Se han ensayado con el mismo objeto otros tejidos como la grasa y la fascia (53), aunque con resultados inferiores.

b) *Preparaciones artificiales de tromboplastina*.—En el comercio existen numerosos productos ricos en tromboplastina para aplicación local o parenteral. Los tejidos más frecuentemente utilizados para prepararlos son el hígado y los pulmones (39). Sin embargo, la tromboplastina más activa se obtiene del cerebro del conejo tratado con acetona (52). Parece que esta sustancia separa un factor inhibidor de la tromboplastina, contenido en los tejidos. Actualmente estas preparaciones tromboplásticas tienen un uso reducido en neurocirugía, pro-

blemente por el incremento que ha tomado el uso de la trombina. En realidad, mientras que la trombina actúa directamente sobre el fibrinógeno, la tromboplastina depende, para obrar, de la previa activación que efectúa sobre la protrombina sanguínea. Recordemos que en los primeros tiempos en que se usó la fibrina como hemostático cerebral se acostumbraba embeberla en coaguleno de Kocher-Fonio (25).

Nuestro compañero en este relato, el doctor alladares (64), ha ideado y usado últimamente con excelentes resultados un coágulo artificial preparado extemporáneamente por la mezcla de plasma, de tromboplastina y de  $\text{CaCl}_2$ . Este ingenioso método es similar al introducido por Sano (57) para la fijación de los injertos cutáneos.

#### 7.—*Estimulación de la coagulación normal con trombina*

La trombina es un elemento fundamental para la coagulación sanguínea, pues al obrar sobre el fibrinógeno lo convierte en fibrina. Tanto sus propiedades como su uso clínico escaparon durante mucho tiempo a la investigación por la dificultad para obtener preparaciones puras y estables.

En 1938 Seegers, Warner, Brinkhous y Smith (61) lograron obtener preparados que reunían las anteriores condiciones y por primera vez las aplicaron en animales por vía experimental.

La trombina purificada y desecada es una albúmina que se presenta en forma de polvo soluble en agua y en solución salina y que se precipita entre un pH de 5,1 y 3,4. Su actividad es destruida por un pH superior a 10 o inferior a 3,5. Se empieza a inactivar a los 40°C. El tiempo de coagulación es inversamente proporcional a su concentración (52, 60). No tiene especificidad de especie ni produce reacciones antigénicas (40), de manera que ordinariamente se utiliza en forma indiferente la trombina del buey, la del conejo o la humana (39). Se dosifica en unidades: una unidad es la cantidad de trombina que coagula en 15 segundos 1 cc. de una solución standard de fibrinógeno (62). La sangre humana contiene aproximadamente 150 unidades por cc. Comercialmente se obtienen hasta 5000 unidades por ampollita (60).

La trombina purificada y concentrada se usó por primera vez en cirugía humana por Tidrick, Seegers y Warner (62) y por Putnam (51). Este último la usó en neurocirugía con celulosa oxidada como portador. Su uso siempre ha de ser tópico, pues inyectada puede producir accidentes mortales. Se puede emplear en polvo aplicado directamente sobre la superficie sangrante, o en solución. En este último

caso puede utilizarse como portador la espuma de fibrina (4, 5, 31) o la esponja de gelatina (36, 48), y no la celulosa oxidada que, como atrás lo hemos dicho, inactiva la trombina (47, 59).

Terminamos con la trombina el estudio de la hemostasis neuroquirúrgica y la descripción de los numerosos agentes para ella empleados. La diversidad de los métodos indica la complejidad del problema. La escogencia del procedimiento adecuado depende del momento operatorio y del tejido en el cual se está trabajando. El estudio de estos importantes aspectos técnicos corresponde a los distinguidos relatores de los otros subtemas sobre hemostasis en neurocirugía.

### *Resumen y conclusiones*

1.—Se recuerda el mecanismo de la hemostasis fisiológica: la coagulación sanguínea y la actividad vascular.

2.—Se presenta una clasificación de los métodos hemostáticos usados en neurocirugía, de acuerdo con su mecanismo de acción.

3.—Se describen cinco procedimientos que obran sobre los vasos: a) Hemostasis preventiva, b) Acción sobre la respuesta capilar, c) Obstrucción mecánica de los vasos grandes, d) Obstrucción mecánica de los vasos pequeños, e) Obstrucción eléctrica de los vasos, y se estudia la forma en que actúan.

4.—Se describen dos métodos que influyen sobre la coagulación sanguínea normal: a) El uso de la tromboplastina, b) El uso de la trombina, y se estudia el modo como obran.

### BIBLIOGRAFIA

(1) Bailey, O. T.; Ingraham, F. C.; Neuhauser, B. D. and Cobb, C. A.—Fibrin film in Neurosurgery, further studies. The insertion of fibrin film between the sutured dura and the intact leptomeninges; the effect of Roentgen-therapy on tissue reactions to fibrin film. *J. Neurosurg.* 4: 465-471, 1947.

(2) Bates, J. I.; Lewey, F. H. and Reiners, C. R.—The reaction of cerebral tissue to silver, tantalum and zirconium. A discussion of the use of these metals for hemostatic clips. *J. Neurosurg.* 5: 349-353, 1948.

(3) Bates, J. I.; Reiners, C. R. and Horn, R. C.—A discussion of the uses of metals in surgery and experimental study of the use of zirconium. *Surg. Gynec. & Obst.* 87: 213-220, 1948.

(4) Bering, E. A. Jr.—Chemical, Clinical and Immunological studies on the products of human plasma fractionation. XX The development of fibrin foam as a hemostatic agent and for use in conjunction with human thrombin. *J. Clin. Investigation.* 23: 586-590, 1944.

- (5) Bering, E. A. Jr.—Clinical uses of products made from human fibrinogen and thrombin. *Bull. U. S. Army Med. Dept.* N° 78 53-56, 1944
- (6) Bice, C. W.; Mac Masters, M. M. and Hilbert, G. E.—Proposed use of starch sponges as internal surgical dressings absorbable by the body. *Science* 100: 227-228, 1944.
- (7) Blech, G. M.; Colfwell, H. L. and Windeyer, B. W.—Clinical electro-surgery. Oxford University Press. London; New York, Toronto, 1938
- (8) Bucy, P. C. and Oberhill, H. R.—Combination suction-cautery tip for use in neurological surgery. *J. Neurosurg.* 4: 545-546, 1947.
- (9) Cloward, R. B. and Cunningham, E. B.—The use of gelatin sponge in prevention and treatment of cerebrospinal rhinorrhea. *J. Neurosurg.* 4: 518-525, 1947.
- (10) Correl, J. T. and Wise, E. C.—Certain properties of a new physiologically absorbable sponge. *Proc. Soc. Exp. Biol. N. Y.* 58: 233-235, 1945.
- (11) Cushing, H.—Pneumatic tourniquets: with special reference to their use in craniotomies. *Med. News N. Y.* 84: 577-580, 1904.
- (12) Cushing, H.—The control of bleeding in operations for brain tumors. Whit the description of silver "clips" for the occlusion of vessels inaccessible to ligature. *Ann. Surg.* 54: 1-19, 1911.
- (13) Cushing, H.—The meningiomas arising from the olfactory groove and their removal by the aid of electro-surgery. Jackson, Wylie & Co. Glasgow,
- (14) Cushing, H. and Bovie, W. T.—Electro-surgery as an aid to the removal of intracranial tumors. Whit a preliminary note on a new surgical current generator. *Surg. Gynec. & Obst.* 47: 751-784 1928.
- (15) Dandy, W. E.—Surgery of the Brain. In *Lewis Practice of Surgery* Vol. XII Chapter I. W. F. Prior Company Inc. Hagerstown, Maryland, 1946.
- (16) Davis, L.—In *Principles and Practice of Physical Therapy*. W. F. Prior Company Inc. Hagerstown, Maryland, 1934.
- (17) de Cholsnosky, T.—High frequencies currents from the surgical point of view. *Med. Record.* 149: 405-409, 1939.
- (18) Dugat, L.—Traitement des plaies par l'eau oxygénée. Thèse, Faculté de Médecine de Paris. A. Michalon, 1902.
- (19) Ellis, J. D.—Electrosurgical incisions. *Arch. Surg.* 26: 981-998, 1933.
- (20) Fincher, E. F.—Further uses of gelatin foam in neurosurgery. *J. Neurosurg.* 4: 97-104, 1947.
- (21) Finesinger, J. E. and Cobb, S.—The cerebral circulation. XXIV. The action of narcotic drugs on the pial vessels. *J. Pharm. & Exper. Therapy.* 53: 1-13, 1935.
- (22) Frantz, V. K.—Absorbable cotton, paper and gauze (oxidized cellulose). *Ann. Surg.* 118: 116-126, 1943.
- (23) Gardner, W. J.—The control of bleeding during operation by induced hypotension. *J. A. M. A.* 132: 572-574, 1946.
- (24) Greene, B. A.—Hazards of fire and explosion of anesthetic agents III In the presence of diathermy. *Surg. Gynec. & Obst.* 74: 895-900, 1942.
- (25) Grey, E. G.—Fibrin as an haemostatic in cerebral surgery. *Surg. Gynec. & Obst.* 21: 452-454, 1915.
- (26) Hamby, W. B.—A method for control of carotid cerebral circulation during operation. *J. Neurosurg.* 2: 241, 1945.



- (27) Harvey, S. C.—Fibrin paper as an hemostatic agent. *Ann. Surg.* 68: 66-70, 1918.
- (28) Harvey, S. C.—The history of hemostasis. P. B. Hoeber, N. Y., 1929.
- (29) Horsley, V.—Antiseptic wax. *Brit. Med. J.* 1: 1165, 1892.
- (30) Horsley, V.—Note on haemostasis by applications of living tissues. *Brit. Med. J.* 2: 8, 1914.
- (31) Ingraham, F. D. and Bailey, O. T.—The use of products prepared from human fibrin and human thrombin in neurosurgery. Fibrin foam as hemostatic agent; fibrin film in repair of dural defects and in prevention of meningocerebral adhesions. *J. Neurosurg.* 1: 23-39, 1944.
- (32) Ingraham, F. D.; Biley, O. T. and Nielsen, F. E.—Studies on fibrin foam as a hemostatic agent in neurosurgery, with special reference to its comparison with muscle. *J. Neurosurg.* 1: 171-181, 1944.
- (33) Kime, E. N.—Electrosurgery. *New England M. J.* 200: 532-535, 1929.
- (34) Krogh, A.—The anatomy and physiology of capillaries. Yale University Press. New Haven, 1930.
- (35) Lazortes, M.—La ligature préalable de la carotide externe dans l'exérèse des maningiomes temporo-sphenoidaux. Société d'Oto-Neuro-Ophtalmologie de Toulouse, 2-VI-47.
- (36) Le Beau, J. et Crut, G.—Plaquettes spongieuses denses et resorbables de gelatine-thrombine pour l'hémostase en neurochirurgie. Soc. de Neurol. de Paris. Séance 6-III-47, *Rev. Neurol.* 79: 190-191, 1947.
- (37) Le Beau, J. et Houdart.—La mousse de fibrine comme hémostatique en chirurgie cérébrale. Présentation d'un malade porteur d'abcès du cerveau d'origine traumatique probable. Soc. de Neurol. Pe Paris. Saence 11-I-45. *Rev. Neurol.* 77: 38-39, 1945.
- (38) Lewis, Th.—The blood vessels of the human skin and their responses. Shaw and Sons Ltda. London, 1927.
- (39) Lighth, R. U.—Hemostasis in Neurosurgery. *J. Neurosurg.* 2: 414-434, 1945.
- (40) Light, R. U.—The antigenicity of bovine thrombin: clinical evaluation. *J. Neurosurg.* 2: 516-523, 1945.
- (41) Light, R. U. and Prentice, H. R.—Surgical investigation of a new absorbable sponge derived from gelatin for use in hemostasis. *J. Neurosurg.* 2: 435-455, 1945.
- (42) Mayfield, F. H. and German, W. M.—Foreign body granulomas produced by surgical cotton. *Arch. Neurol. Psychiat.* 49: 581-586, 1943.
- (43) McKenzie, K. G.—Some minor modifications of Harvey Cushing's silver clip outfit. *Surg. Gynec. & Obst.* 45: 549-550, 1927.
- (44) Mock, H. E.—Electrosurgery. A discussion of indications, advantages, disadvantages and warnings concerning its use. *J. A. M. A.* 104: 2342-2350, 1935.
- (45) Mount, L. A.—Tantalum discs for covering trephine defects and tantalum clips for ligation of internal carotid artery intracranially. *J. Neurosurg.* 5: 208-209, 1948.
- (46) Olivecroma, H.—Ueber die Anwendung der Elektrokoakulation bei Gehirntumoren. *Munch. med. Woch.* 77: 232 und 280, 1930.

- (47) Olwin, J. H. and Wahl, F. J.—The effect of absorbable sponge materials on the activity of thrombin. *Surg. Gynec & Obst.* 86: 203-213, 1948.
- (48) Pilcher, A. and Meacham, W. F.—Absorbable gelatin sponge and thrombin for hemostasis in neurosurgery. Experimental and clinical observations. *Surg. Gynec. & Obst.* 81: 365-369, 1945.
- (49) Poppen, J. L.—Electrosurgery in brain operations. In: *Medical Physics*. O. Glasser Ed. Chicago, III. The Year Book Publishers inc. 1944. pp. 413-417.
- (50) Pudenz, R. H.—The use of tantalum clips for hemostasis in neurosurgery. *Surgery* 12: 791-797, 1942.
- (51) Ptnam, T. J.—The use of thrombin on soluble cellulose in Neurosurgery. *Ann. Surg.* 118: 127-129, 1943.
- (52) Quick, A. J.—The hemorrhagic diseases and the physiology of hemostasis. Charles C. Thomas. Springfield, III, 1942.
- (53) Risley, E.—Haemostasis by interposition of muscle, fat and fascia in parenchymatous organs. *Surg. Gynec. & Obst.* 24: 85-89, 1917.
- (54) Sachs, E.—Electrosurgical unit as an aid to the neurologic surgeon. *Surg. Gynec. & Obst.* 52: 505-507, 1931.
- (55) Sachs, E.—Various uses of electrosurgery in the treatment of brain tumors. *South. med.* 25: 1013-1018, 1932.
- (56) Sachs, E.—The care of the neurosurgical patient before, during and after operation. The C. V. Mosby Co. St. Louis, 1945.
- (57) Sano, M. E.—A coagulum-contact method of skin graftin as applied to human grafts. *Surg. Gynec. & Obst.* 77: 510-513, 1943.
- (58) Schmidt, W. H.—Electrosurgery. In: *Medical Physics*. O. Glasser Ed. Chicago, III. The Year Book Publishers, Inc. 1944 pp. 407-413.
- (59) Seegers, W. H. and Doub, L.—Oxidized cellulose and thrombin. *Proc. Soc. exp. Biol. N. Y.* 56: 72-73, 1944.
- (60) Segers, W. H. and Sharp, E. A.—Hemostatic agents. Eith special reference to thrombin, fibrinogen and absorbable cellulose. Charles C. Thomas Publisher. Springfield, Ill. 1948.
- (61) Segers, W. H.; Warner, E. D. Brinkhous, K. M. and Smith, H. P.—The use of purified thrombine as a hemostatic agent. *Science* 89: 86, 1939.
- (62) Tidrick, R. T.; Seegers, W. H. and Warner, E. D.—Clinical experience with thrombin as an hemostatic agent. *Surgery* 14: 191-196, 1943.
- (63) Trupp, M.—A new method for the control of hemorrhage in cerebral surgery. *J. Neurosurg.* 3: 548-549, 1946.
- (64) Valladares, H.—Comunicación personal.
- (65) Ward, G. E.—Electrosurgery. In: *Lewis' Practice of Surgery*. Vol. II Chapter 8. W. F. Prior Company Inc. Hagerstown, Maryland, 1946.
- (66) White, J. C.; Whitelaw, G. P.; Sweet, W. H. and Hurwitt, E. S.—Blood loss in neurosurgical operations. *Ann. Surg.* 107: 287-297, 1938.
- (67) Woodhall, B.—Fibrin foam as a hemostatic agent in rehabilitation neurosurgery. *J. A. M. A.* 126: 469-471, 1944.
- (68) Yackel, E. C. and Kenyon, W. O.—The oxidation of cellulose by nitrogen dioxide. *J. Amer. Chem. Soc.* 64: 121-127, 1942.